

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
F 2 5 B 9/00	3 1 1	7409-3L		

審査請求 未請求 請求項の数 5 (全 8 頁)

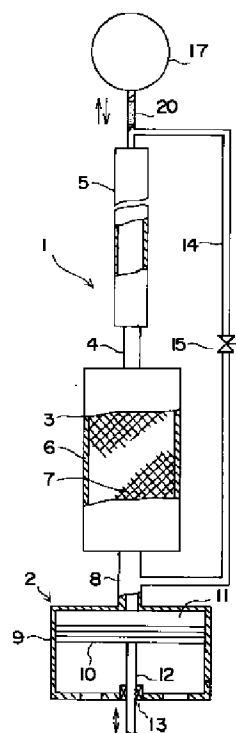
(21)出願番号	特願平4-249988	(71)出願人	000003078 株式会社東芝 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地
(22)出願日	平成 4 年(1992) 9 月18日	(72)発明者	大谷 安見 神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株 式会社東芝総合研究所内
		(72)発明者	栗山 透 神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株 式会社東芝総合研究所内
		(72)発明者	中込 秀樹 神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株 式会社東芝総合研究所内
		(74)代理人	弁理士 鈴江 武彦
		最終頁に続く	

(54)【発明の名称】 パルスチューブ冷凍機

(57)【要約】

【目的】 効率の高いパルスチューブ冷凍機を提供する。

【構成】 寒冷発生器 1 は、蓄冷器 3 と、低温熱交換器 4 と、パルスチューブ 5 とを直列接続して構成されている。蓄冷器 3 の入口 8 は往復動式的气体圧縮機 2 に接続されており、パルスチューブ 5 の終端部はポーラスプラグ 20 を介してバッファータンク 17 に接続されている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】少なくとも蓄冷器とパルスチューブとを直列接続してなる寒冷発生器と、ガス圧縮機と、前記パルスチューブの終端部に接続されたバッファータンクとを備え、前記ガス圧縮機で圧縮された冷媒ガスを前記蓄冷器を経由させて前記パルスチューブ内へ導いた後に逆の経路で前記ガス圧縮機に吸込ませるように構成されてなるパルスチューブ冷凍機において、前記パルスチューブの終端部と前記バッファータンクとの間にポーラスプラグを介在させてなることを特徴とするパルスチューブ冷凍機。

【請求項2】前記蓄冷器の入口と前記パルスチューブの終端部とがダブルインレット通路で接続されていることを特徴とする請求項1に記載のパルスチューブ冷凍機。

【請求項3】少なくとも蓄冷器とパルスチューブとを直列接続してなる寒冷発生器と、ガス圧縮機と、前記パルスチューブの終端部に接続されたバッファータンクとを備え、前記ガス圧縮機で圧縮された冷媒ガスを前記蓄冷器を経由させて前記パルスチューブ内へ導いた後に逆の経路で前記ガス圧縮機に吸込ませるように構成されてなるパルスチューブ冷凍機において、前記パルスチューブの終端部が該終端部に直接接続されたオリフィスバルブを介して前記バッファータンクに接続されてなることを特徴とするパルスチューブ冷凍機。

【請求項4】前記蓄冷器の入口と前記パルスチューブの終端部とが該終端部に直接接続された調節バルブを持つダブルインレット通路で接続されていることを特徴とする請求項3に記載のパルスチューブ冷凍機。

【請求項5】少なくとも蓄冷器とパルスチューブとを直列接続してなる寒冷発生器と、シリンダとピストンとで構成された圧縮室を備えてなる往復動式のガス圧縮機と、このガス圧縮機の前記ピストンを往復動させる駆動手段とを備え、前記ピストンの往動に伴って前記圧縮室で圧縮された冷媒ガスを前記蓄冷器を経由させて前記パルスチューブ内へ導いた後、前記ピストンの復動に伴わせて逆の経路で上記冷媒ガスを前記圧縮室に吸込ませるように構成されてなるパルスチューブ冷凍機において、前記ピストンが前記冷媒ガスによるガスばね定数より小さいばね定数を有したばねで支持されてなることを特徴とするパルスチューブ冷凍機。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、パルスチューブ冷凍機に係り、特に効率の向上を図れるようにしたパルスチューブ冷凍機に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、構成が比較的簡単で、しかも到達温度も比較的低い冷凍機としてパルスチューブ冷凍機が知られている。このパルスチューブ冷凍機には種々のタイプがある。何れも基本的には、蓄冷器とパルスチュー

ブとを直列接続してなる寒冷発生器を備え、高圧の冷媒ガスを蓄冷器を経由させてパルスチューブ内へ導いた後に逆の経路で排出膨張させることによってパルスチューブ内に寒冷を発生させるようにしている。

【0003】ところで、このようなパルスチューブ冷凍機において、寒冷の発生量を増加させるためには、パルスチューブ内の圧力変動の位相と冷媒ガスの変位の位相との間に位相差を持たせる必要がある。このようなことから、従来のパルスチューブ冷凍機では、位相差を設けるための系統を設けているものが多い。図7には位相差を設けるための系統を備えた従来のパルスチューブ冷凍機が示されている。すなわち、図中1は寒冷発生器を示し、2はガス圧縮機を示している。

【0004】寒冷発生器1は、蓄冷器3と、この蓄冷器3に対して低温熱交換器4を介して直列に接続されたパルスチューブ5とで構成されている。蓄冷器3は、断熱材あるいは熱伝導率の低い金属材料で形成された容器6内にステンレス鋼や銅のメッシュなどで形成された蓄冷材7を収容したものとなっている。パルスチューブ5は、断熱材あるいは熱伝導率の低い金属材料でパイプ状に形成されている。

【0005】蓄冷器3の入口8は、ガス圧縮機2に接続されている。ガス圧縮機2は、シリンダ9とピストン10とで構成された圧縮室11を備えてなる往復動式のものである。ピストン9の背面にはピストンロッド12の一端側が接続されており、このピストンロッド12の他端側はガイド機構13にガイドされて図示しない往復動駆動源に連結されている。

【0006】一方、パルスチューブ5の終端部と蓄冷器3の入口8との間には、これらを通じさせる、いわゆるダブルインレット通路用の配管14が設けてあり、この配管14の途中には冷媒ガスの流量を調節するためのバルブ15が設けられている。また、パルスチューブ5の終端部はオリフィスバルブ16を介してバッファータンク17にも通じている。そして、上記のように接続された系内には、たとえばヘリウムガス等の冷媒ガスが所定圧力に封入されている。

【0007】このように構成されたパルスチューブ冷凍機では、ピストン10が図中上方に向け往動し、圧縮室11内の容積が小さくなると、圧縮された冷媒ガスが、一方においては蓄冷器3内を通してパルスチューブ5内へ流れ込み、他方においては配管14を介してパルスチューブ5内およびバッファータンク17内へ流れ込む。また、ピストン10が図中下方に向け復動すると、パルスチューブ5内の冷媒ガスは、一方においては蓄冷器3内を通して圧縮室11内に流れ込み、他方においては配管14を介して圧縮室11内に流れ込む。

【0008】このような冷媒ガスの流れに伴ってパルスチューブ5内に圧力変動が生じ、寒冷が発生する。この寒冷の一部は低温熱交換器4を介して被冷却物を冷却す

る。また、残りは冷媒ガスが逆の経路で戻るときに蓄冷材7の冷却に供される。

【0009】このとき、バルブ15およびオリフィスバルブ16の開度を調節することによって最適な運転状況を作り出すことができる。すなわち、配管14、バルブ15、オリフィスバルブ16およびバッファータンク17は、前述した位相差の形成に寄与している。

【0010】しかしながら、上記のように構成された従来のパルスチューブ冷凍機にあっては、前述した位相差の調節範囲がガス圧縮機2によって制限されるため、位相差を十分に大きくすることが困難で、たとえば低温部に膨張ピストンを備え、このピストンによって強制的に位相差を持たせるようにしたスターリング冷凍機より効率が低いと言う問題があった。また、シリンダ9とピストン10との間の摺動抵抗によって圧縮効率が低下し、これも冷凍機の効率を低下させる一因となっていた。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】上述の如く、従来のパルスチューブ冷凍機にあっては、低温部に可動部を必要としない利点を備えているが、効率が低いという問題があった。そこで本発明は、上述した利点を損なうことなく冷凍効率の向上を図れるパルスチューブ冷凍機を提供することを目的としている。

【0012】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明の一実施例に係るパルスチューブ冷凍機では、少なくとも蓄冷器とパルスチューブとを直列接続してなる寒冷発生器と、ガス圧縮機と、前記パルスチューブの終端部に接続されたバッファータンクとを備え、前記ガス圧縮機で圧縮された冷媒ガスを前記蓄冷器を経由させて前記パルスチューブ内へ導いた後に逆の経路で前記ガス圧縮機に吸込ませるように構成し、かつ前記パルスチューブの終端部と前記バッファータンクとの間にポーラスプラグを介在させている。

【0013】

【作用】パルスチューブの終端部とバッファータンクとの間にポーラスプラグを介在させているので、オリフィスバルブを介在させたものに較べてパルスチューブ内の圧力変動の位相と冷媒ガスの変位の位相との間の位相差を大きくでき、この結果、効率を向上させることが可能になる。

【0014】

【実施例】以下、図面を参照しながら実施例を説明する。

【0015】図1には本発明の一実施例に係るパルスチューブ冷凍機の概略構成が示されている。なお、この図では図7と同一要素部分が同一符号で示してある。したがって、重複する部分の詳しい説明は省略する。

【0016】この実施例に係るパルスチューブ冷凍機が従来の冷凍機と異なる点は、パルスチューブ5の終端部

とバッファータンク17との間に適度な細密通路を持つポーラスプラグ20を介在させたことにある。

【0017】このような構成であると、冷凍原理そのものは従来の冷凍機と変わらないが、オリフィスバルブに代え、ポーラスプラグ20を設けたことによってパルスチューブ5内の圧力変動の位相と冷媒ガスの変位の位相との間の位相差を大きくでき、効率を向上させることができる。

【0018】図2には実施例に係るパルスチューブ冷凍機と図7に示した従来のパルスチューブ冷凍機との80Kにおける冷凍能力特性が示されている。なお、実験に用いた冷凍機は次のようなものである。ガス圧縮機2は内径60mm、ストローク15～30mm、蓄冷器3は軸方向長さ100mmで内径34mmおよび28mmの2種類、パルスチューブ5は内径18mm、軸方向長さ150mm、バッファータンク17は内容積が1000ccである。

【0019】同図において、横軸は運転周波数を示している。図中破線が従来の冷凍機の特性を示し、実線が本実施例に係る冷凍機の特性を示している。本実施例に係る冷凍機では、寒冷発生量を増加できるので、従来の冷凍機に較べて高い冷凍能力特性を発揮している。

【0020】なお、冷凍機によっては、ダブルインレット用の配管14を備えていないものがあるが、このような冷凍機においてもポーラスプラグ20の使用は効果を発揮する。

【0021】図3には本発明の別の実施例に係るパルスチューブ冷凍機が示されている。この図においては図1と同一要素部分が同一符号で示されている。したがって、重複する部分の詳しい説明は省略する。

【0022】このパルスチューブ冷凍機が前記実施例と異なる点は、パルスチューブ5の終端部が、この終端部に直接接続されたオリフィスバルブ21を介してバッファータンク17に接続されるとともに上記終端部に直接接続された調節バルブ22を介してダブルインレット用の配管14に接続されていることにある。

【0023】このような構成であると、冷凍原理そのものは従来の冷凍機と変わらないが、パルスチューブ5とオリフィスバルブ21との間の配管容積およびパルスチューブ5と調節バルブ22との間の配管容積をそれぞれなくすることができるので、パルスチューブ5内の圧力変動の位相と冷媒ガスの変位の位相との間の位相差を大きくでき、効率を向上させることができるので、到達最低温度を低くできる。なお、ダブルインレット用の配管14を備えていないものについても上記関係にオリフィスバルブ21を設けることによって効果を期待できる。

【0024】図4には本発明の別の実施例に係るパルスチューブ冷凍機が示されている。この図においても図1および図7と同一要素部分が同一符号で示されている。したがって、重複する部分の詳しい説明は省略する。このパルスチューブ冷凍機が先の実施例と異なる点は、ガ

ス圧縮機 2 a の構成とガス通流系統とにある。

【0025】ガス圧縮機 2 a は、シリンダ 3 1 とピストン 3 2 とで構成された圧縮室 3 3 を備えてなる往復動式のものである。シリンダ 3 1 の底部壁は閉じられており、ピストンロッド 3 4 は上記底部壁を気密に、かつ摺動自在に貫通して図示しない、たとえばボイスコイルモータ式の駆動装置に連結されている。そして、圧縮室 3 3 は蓄冷器 3 の入口 8 に接続されており、またピストン 3 2 を境にして圧縮室 3 3 とは反対側に形成された背面室 3 5 は配管 3 6 および流量調整用のバルブ 4 3 を介してバッファータンク 1 7 に通じている。

【0026】シリンダ 3 1 の周壁は二重構造に形成されており、内側壁 3 7 はセラミックで形成されている。ピストン 3 2 の外周面には環状溝が形成されており、この環状溝にはシリンダ 3 1 とピストン 3 2 との間をシールするシールリング 3 8 が装着されている。このシールリング 3 8 は環状溝内に装着されたばね 3 9 の力によって内側壁 3 7 に弱く押付けられている。さらに、ピストンロッド 3 4 の外部に突出している部分には鏢 4 0 が設けてあり、この鏢 4 0 と静止部材 4 1 との間にはピストン 3 2 を含む可動部分を支持するためのコイルばね 4 2 が装着されている。このコイルばね 4 2 のばね定数は、ピストン 3 2 に作用する冷媒ガスのガスばね定数より小さい値に設定されている。

【0027】このような構成であると、ピストン 3 2 が図中上方に向け往動し、圧縮室 3 3 内の容積が小さくなると、圧縮された冷媒ガスが、一方においては蓄冷器 3 内を通過してパルスチューブ 5 内へ流れ込み、他方においては配管 1 4 を介してパルスチューブ 5 内およびバッファータンク 1 7 内へ流れ込む。このとき、バッファータンク 1 7 内の一部の冷媒ガスは配管 3 6 を介して背面室 3 5 内へと流れる。また、ピストン 3 2 が図中下方に向け復動すると、パルスチューブ 5 内の冷媒ガスは、一方においては蓄冷器 3 内を通過して圧縮室 3 3 内に流れ込み、他方においては配管 1 4 を介して圧縮室 3 3 内に流れ込む。このとき、背面室 3 5 内の冷媒ガスが配管 3 6 を介してバッファータンク 1 7 内に流れ、バッファータンク 1 7 内の冷媒ガスが配管 1 4 内とパルスチューブ 5 内へ流れる。このような冷媒ガスの流れに伴ってパルスチューブ 5 内に圧力変動が生じ、寒冷が発生する。

【0028】そして、この場合には、ピストン 3 2 に作用する冷媒ガスのガスばね定数より小さいばね定数に設定されたコイルばね 4 2 でピストン 3 2 を含む可動部分を支持しているので、ピストン 3 2 が傾くようなことはない。したがって、シールリング 3 8 が、いわゆる片当たりすることがないので、シリンダ 3 1 とピストン 3 2 との間を確実にシールできるばかりか、摺動抵抗を小さくでき、結局、冷凍機としての効率を向上させることができる。また、この構成であると、ピストン 3 2 の重量を調節してピストン 3 2 の共振周波数を冷凍効率の大き

い周波数帯に一致させることができる。したがって、冷凍効率を一層向上させることができる。図 5 にはパルスチューブ冷凍機の使用例が示されている。

【0029】ここには断熱容器の内槽をパルスチューブ冷凍機で冷却している例が示されている。すなわち、図中 5 1 は断熱容器の内槽を示し、5 2 は外槽を示し、5 3 は内槽 5 1 と外槽 5 2 との間に形成された真空断熱層を示している。

【0030】真空断熱層 5 3 内には、1 段蓄冷器 3 a、低温熱交換部 4 a、1 段パルスチューブ 5 a が直列に接続されている。また、低温熱交換部 4 a は 2 段蓄冷器 3 b、内槽 5 1 に熱的に接続された低温熱交換部 4 b を介して 2 段パルスチューブ 5 b に接続されている。この場合、2 段パルスチューブ 5 b は、軸方向の長さが 1 段パルスチューブ 5 a の 2 倍以上に設定されている。そして、2 段パルスチューブ 5 b の外周面で軸方向の中間位置と低温熱交換部 4 a とが熱伝導体 5 4 で接続されている。また、1 段蓄冷器 3 a の入口は、外槽 5 2 を気密に貫通して設けられた配管 5 5 を介してガス圧縮機 2 に接続されている。同様に、1 段パルスチューブ 5 a の終端および 2 段パルスチューブ 5 b の終端は、それぞれ外槽 5 2 を気密に貫通して設けられた配管 5 6、5 7、オリフィスバルブ 1 6 a、1 6 b を介してバッファータンク 1 7 a、1 7 b に接続されている。

【0031】このような配置であると、低温熱交換部 4 a より低温熱交換部 4 b の温度が低くなり、この低温で内槽 5 1 が冷却されることになる。また、この場合には 2 つのオリフィスバルブ 1 6 a、1 6 b および 2 つのバッファータンク 1 7 a、1 7 b を露出させることができるので、調整および保守の容易化を図ることができる。このように配置されるパルスチューブ冷凍機においても、先に各実施例において説明した手法を採用して冷凍効率を向上させることができる。図 6 にはパルスチューブ冷凍機の別の使用例が示されている。

【0032】一般に、真空断熱層を備えた断熱容器では、輻射による熱侵入を防止するために真空断熱層内に熱シールド板を設け、この熱シールド板を所定温度に冷却することが行われている。図 6 に示す例では、熱シールド板の冷却と熱シールド板の支持とをパルスチューブ冷凍機で行わせている。すなわち、図中 6 1 は断熱容器の内槽を示し、6 2 は外槽を示し、6 3 は内槽 6 1 と外槽 6 2 との間に形成された真空断熱層を示し、6 4 は真空断熱層 6 3 内に内槽 6 1 を囲むように配置された熱シールド板を示している。

【0033】外槽 6 2 と熱シールド板 6 3 との間にパルスチューブ冷凍機の蓄冷器 3 とパルスチューブ 5 とが外槽 6 2 に対して熱シールド板 6 4 を支持する支持材を兼ねて配置され、また低温熱交換部 4 が熱シールド板 6 4 に熱的に接続されている。なお、図中 6 5 は液体ヘリウム等の極低温液体を示し、6 6 は断熱支持材を示してい

る。

【0034】この例では、1箇所だけにパルスチューブ冷凍機を設けているが、熱シールド板64を支持している複数の断熱支持材66の全部あるいは複数個をパルスチューブ冷凍機に置換えてもよい。

【0035】なお、本発明は上述した実施例に限定されるものではない。すなわち、上述した各実施例は、蓄冷器内全体に同一組成の蓄冷材を充填しているが、たとえば蓄冷材としてステンレス鋼のメッシュと銅のメッシュとを用いる場合には、ステンレス鋼のメッシュを蓄冷器の高温側に、銅のメッシュを蓄冷器の低温側に充填することによって効率を向上させることができる。つまり、比熱の大きいものを低温側に充填すればよい。また、図4に示される以外のパルスチューブ冷凍機では、往復動式のガス圧縮機以外のガス圧縮機に代えてもよい。この場合には、吐出、吸込みを切替えるためのバルブを必要とすることは勿論である。

【0036】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、効率の高いパルスチューブ冷凍機を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例に係るパルスチューブ冷凍機の概略構成図

【図2】同冷凍機の80Kにおける冷凍能力特性を従来の冷凍機のそれと比較して示す図

【図3】本発明の第2の実施例に係るパルスチューブ冷

凍機の概略構成図

【図4】本発明の第3の実施例に係るパルスチューブ冷凍機の概略構成図

【図5】パルスチューブ冷凍機の使用例を説明するための概略図

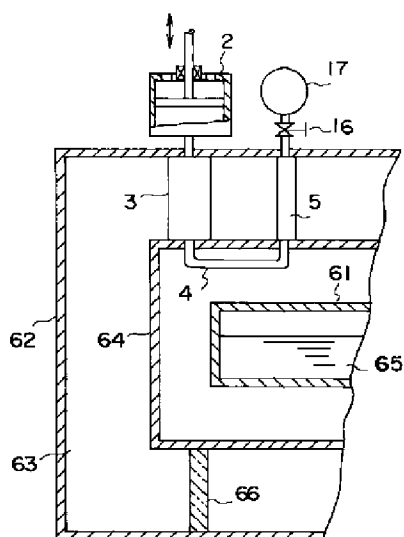
【図6】パルスチューブ冷凍機の別の使用例を説明するための概略図

【図7】従来のパルスチューブ冷凍機の概略構成図

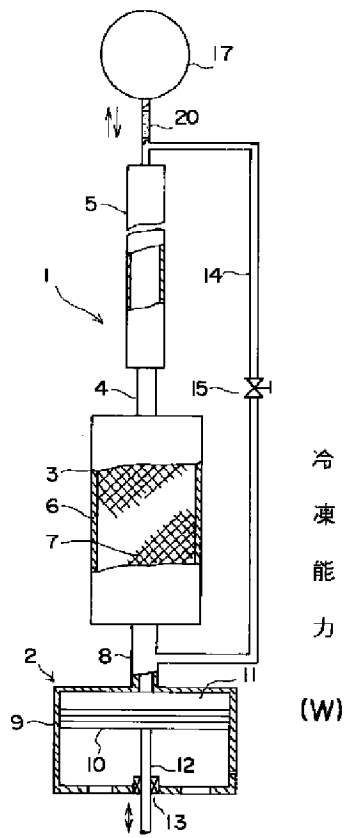
【符号の説明】

1…寒冷発生器	2, 2a…ガス圧縮機
3…蓄冷器	4…低温熱交換器
5…パルスチューブ	14…配管
15…調節バルブ	16…オリフィスバルブ
17…バッファータンク	20…ポーラスプラグ
21…オリフィスバルブ	22…調節バルブ
31…シリンダ	32…ピストン
33…圧縮室	34…ピストンロッド
35…背面室	36…配管
37…内側壁	38…シールリング
39…ばね	42…コイルばね

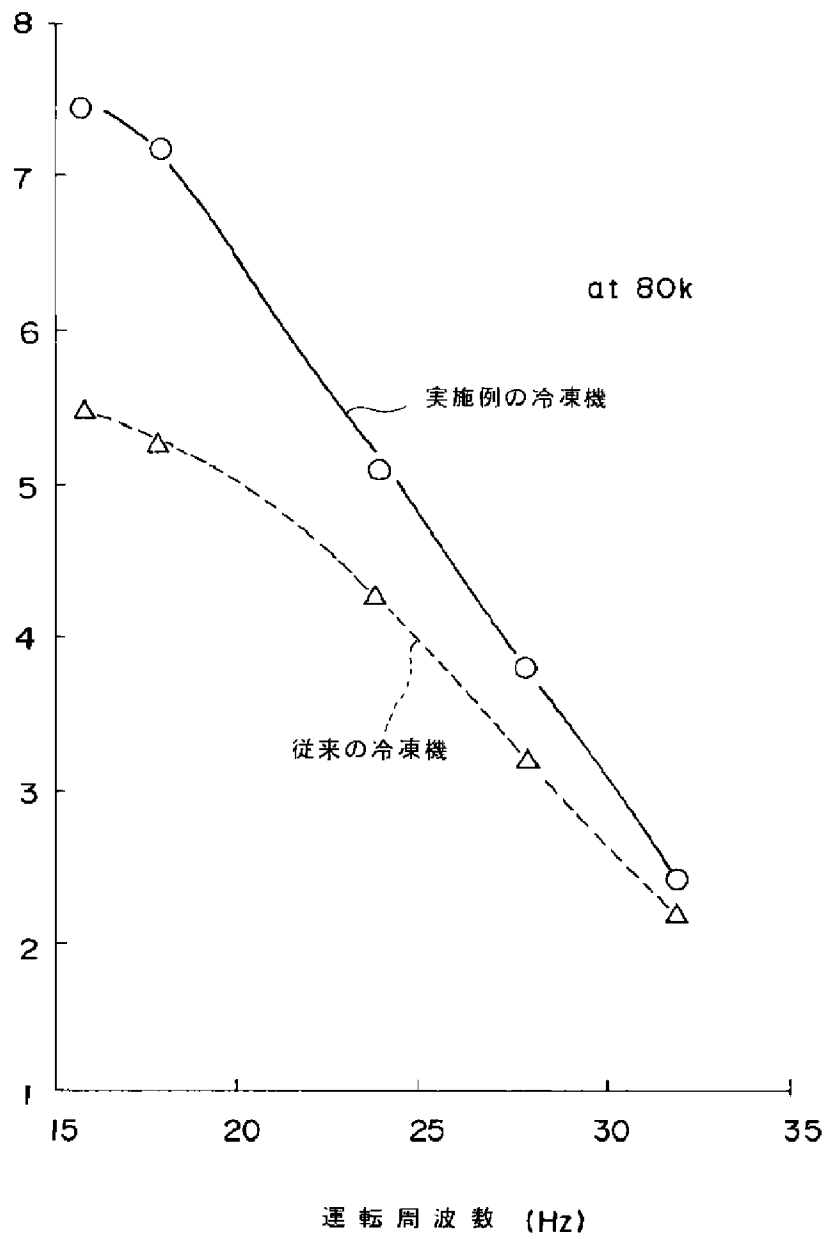
【図6】



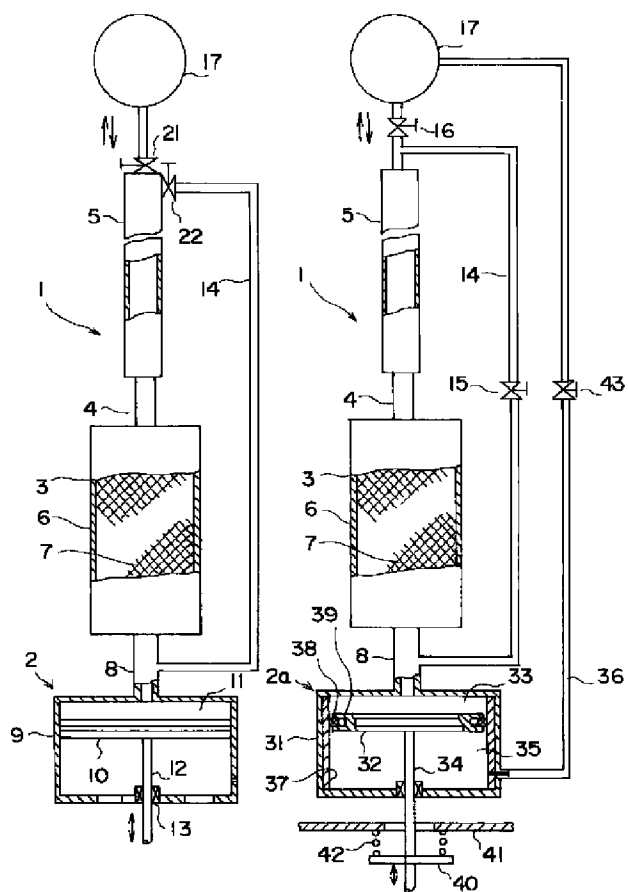
【図1】



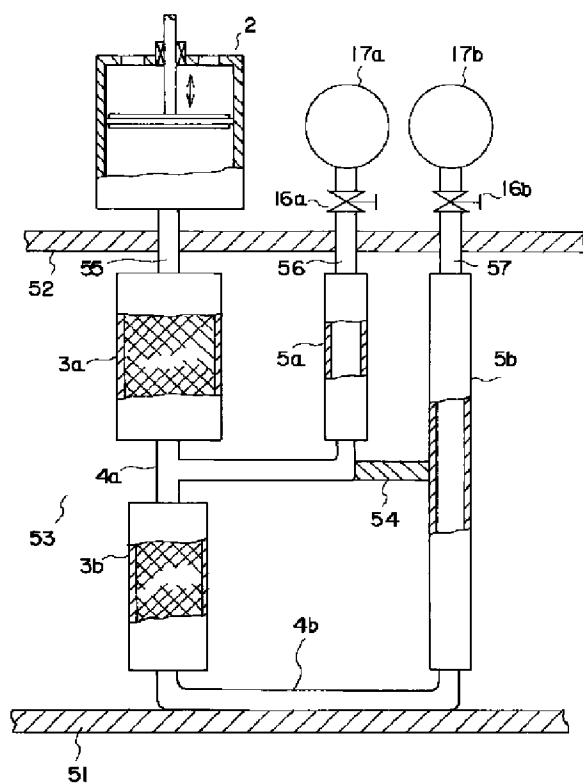
【図2】



【図3】

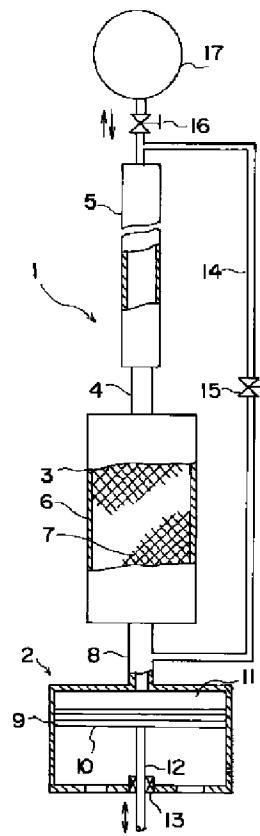


【図4】



【図5】

【図 7】



フロントページの続き

(72)発明者 松原 洋一
千葉県船橋市大穴北 2 - 3 - 3